

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC986 U.S. PTO  
09/891054  
06/25/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 7月 3日

出願番号  
Application Number:

特願2000-200913

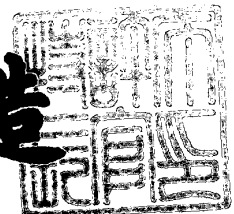
出願人  
Applicant(s):

日本航空電子工業株式会社

2000年 8月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3062804

【書類名】 特許願

【整理番号】 JAE00N6351

【提出日】 平成12年 7月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 2 1 番 2 号 日本航空電子工業株式会社内

    【氏名】 西田 恵美子

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 2 1 番 2 号 日本航空電子工業株式会社内

    【氏名】 上原 昇

【特許出願人】

    【識別番号】 000231073

    【氏名又は名称】 日本航空電子工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100066153

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 草野 卓

【選任した代理人】

    【識別番号】 100100642

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 稲垣 稔

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 002897

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708750

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学多層膜フィルタの成膜方法、成膜装置及び光学式膜厚計

【特許請求の範囲】

【請求項 1】  $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚が所要の性能を得るべく、 $\lambda/4$  の前後で動かされて最適化された光学多層膜フィルタを成膜する方法であって、

成膜中の膜厚を光学式膜厚計を用いて検出し、その検出出力に基づき成膜装置を制御して光学多層膜フィルタを成膜する方法において、

上記光学式膜厚計の光源を、波長  $\lambda$  nm を含む  $\lambda_1$  nm 乃至  $\lambda_2$  nm の範囲で波長を可変できる波長可変光源とし、

光学膜厚の上記最適化を  $\lambda_1/4$  nm 乃至  $\lambda_2/4$  nm の範囲内で行い、

上記波長可変光源の波長を、上記最適化された各層の光学膜厚に対し、その膜厚で透過率が極値をとる波長にそれぞれ選定し、

それら各層に対し選定した波長により、透過率の極値を検出して各層の成膜をそれぞれ終了制御することを特徴とする光学多層膜フィルタの成膜方法。

【請求項 2】 成膜中の膜厚を検出する光学式膜厚計を具備し、その光学式膜厚計の検出出力によって多層膜の各層の成膜が制御される構成とされた成膜装置であって、

上記光学式膜厚計の光源が波長可変光源とされ、

その波長可変光源の波長を、成膜すべき各層の光学膜厚に対し、その膜厚で透過率が極値をとる波長に設定する手段を有し、

上記光学式膜厚計による透過率の極値検出に基づき、各層の成膜をそれぞれ終了制御する手段を有することを特徴とする成膜装置。

【請求項 3】  $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚が所要の性能を得るべく、 $\lambda/4$  の前後で動かされて最適化された光学多層膜フィルタを成膜する方法であって、

成膜中の膜厚を光学式膜厚計を用いて検出し、その検出出力に基づき成膜装置を制御して光学多層膜フィルタを成膜する方法において、

上記光学式膜厚計の光源を、波長 $\lambda$  nmを含む $\lambda_1$  nm乃至 $\lambda_2$  nmの範囲で波長を可変できる波長可変光源とし、

光学膜厚の上記最適化を $\lambda_1 / 4$  nm乃至 $\lambda_2 / 4$  nmの範囲内で行い、

上記波長可変光源の波長を、上記最適化された各層の光学膜厚に対し、その膜厚で反射率が極値をとる波長にそれぞれ選定し、

それら各層に対し選定した波長により、反射率の極値を検出して各層の成膜をそれぞれ終了制御することを特徴とする光学多層膜フィルタの成膜方法。

【請求項4】 成膜中の膜厚を検出する光学式膜厚計を具備し、その光学式膜厚計の検出出力によって多層膜の各層の成膜が制御される構成とされた成膜装置であって、

上記光学式膜厚計の光源が波長可変光源とされ、

その波長可変光源の波長を、成膜すべき各層の光学膜厚に対し、その膜厚で反射率が極値をとる波長に設定する手段を有し、

上記光学式膜厚計による反射率の極値検出に基づき、各層の成膜をそれぞれ終了制御する手段を有することを特徴とする成膜装置。

【請求項5】 光源から出射した光を膜に入射させ、その膜を透過した光もしくはその膜から反射した光を光検出器により検出して、その膜の光学膜厚を得る光学式膜厚計において、

上記光源が波長可変光源とされていることを特徴とする光学式膜厚計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は例えばDWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) ・ EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) 用などの光学多層膜フィルタの成膜に用いて好適な成膜方法及び成膜装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近、光通信分野において、その需要が高まっているDWDM・EDFA用フィルタは損失、リップル、帯域などにおいて非常に高い仕様が要求され、成膜難

易度が極めて高いフィルタとなっている。

図7は従来の $1.3/1.5\ \mu\text{m}$ 用のWDMフィルタの光学特性と対比させて、DWDM・EDFA用フィルタの内でも最も成膜難易度の高いBlue Band フィルタとRed Band フィルタの光学特性の一例を示したものであり、透過帯域と阻止帯域とが数nm程度で隣合った仕様となっているため、従来の $1.3/1.5\ \mu\text{m}$ 用のWDMフィルタと比較して非常に肩の切れの良い（急峻な）フィルタとなっている。

#### 【0003】

図8はこのようなDWDM・EDFA用のフィルタを、膜材料に $\text{Ta}_2\text{O}_5$ と $\text{SiO}_2$ を用い、総層数を78層とし、各層の光学膜厚を $\lambda/4$ 構成として設計した場合の光学特性の一例を示したものである。図中、太線は左軸に対応し、そのトップを拡大表示した細線は右軸に対応する。なお、ハッチングを付した枠は目標光学特性（帯域、損失）を示している。

この例では透過帯域及び損失はほぼ目標を満たしているものの、リップルが大きく、例えば0.05dB以下というDWDM・EDFA用フィルタのリップル要求仕様を満足できないものとなっている。

#### 【0004】

一方、この種の高精度が要求される多層膜フィルタの成膜には、従来の振動子式膜厚計ではなく、光学的に成膜膜厚を検出する光学式膜厚計（Optical Thickness Monitor:OTM）が成膜の制御に用いられており、このOTMは所定の波長（モニター波長）の光を成膜中の膜に入射させ、例えばその透過光を検出して、透過率の変化から膜厚を測定するものとなっている。

図9乃至11はOTMのモニター波長を $\lambda\text{nm}$ （この例では $1550\text{nm}$ ）とし、上述したフィルタの透過率の変化を計算して示したものであり、横軸は物理膜厚を示す。また、グラフ上部枠外に記載した数字1, 2, ..., 78はj番目の層のjを示す。

#### 【0005】

なお、基板上に多層膜を成膜していく時の透過率と反射率については以下に示すような方法によって計算される。図12は多層膜における反射率と透過率を模

式的に示したものである。

最表層：L層に入射した光の振幅反射フレネル係数：rと透過フレネル係数：tは、

$$r = (\eta_m E_m - H_m) / (\eta_m E_m + H_m)$$

$$t = 2 \eta_m / (\eta_m E_m + H_m)$$

と表される。ここで、 $\eta_m$  は入射媒質から見た多層膜の実効反射係数で、

【0006】

【数1】

$$\eta = \begin{bmatrix} n / \cos \theta \\ n \cos \theta \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} n / \cos \theta : p \text{ 偏光} \\ n \cos \theta : s \text{ 偏光} \end{array}$$

【0007】

$E_m$  と  $H_m$  はそれぞれ入射媒質中における電場ベクトルと磁場ベクトルであり

【0008】

【数2】

$$\begin{bmatrix} E_m \\ H_m \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} 1 \\ \eta_s \end{bmatrix}$$

【0009】

で求められる。ここで、Mは特性マトリクスと呼ばれ、

$$M = M_L M_{L-1} \cdots M_j \cdots M_2 M_1$$

で与えられる。 $M_j$  はj番目の層における $2 \times 2$ の特性マトリクスであり、

【0010】

【数3】

$$M_j = \begin{bmatrix} m_{11} & i m_{12} \\ i m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \delta_j & i \sin \delta_j / \eta_j \\ i \eta_j \sin \delta_j & \cos \delta_j \end{bmatrix}$$

【0011】

ここで、

$$\delta_j = 2\pi (n_j - i k_j) d_j \cos \theta_j / \lambda$$

$$n_m \sin \theta_0 = n_j \sin \theta_j$$

$n_j$ ,  $k_j$  は  $j$  番目の屈折率と消衰係数である。

これらから透過率： $T$ と強度反射率： $R$ は、

$$T = n_s |t|^2 / n_m$$

$$R = |r|^2$$

となる。

#### 【0012】

図9乃至11より明らかなように、この例では各層の光学膜厚が $\lambda/4$ 構成の設計であるため、各層の透過率はそれぞれ極値で終了するものとなっている。

なお、上記においては仮に78層としたフィルタの光学特性を示したが、各層の光学膜厚を $\lambda/4$ 構成とした設計ではDWDM・EDFA用フィルタの仕様をこのような層数で満足するのは難しく、仕様を満足するためには、例えば層数が200層以上となり、また各層の許容成膜誤差（膜厚精度）も0.01～0.1%となることから、実際に成膜するのは極めて困難なものとなっている。

#### 【0013】

$\lambda/4$ 構成の設計で、かつ少ない層数で要求仕様を満たせない主な原因の一つとして、透過帯域のリップルが大きいことが挙げられる。

しかるに、このリップルの大きさは例えば $\lambda/4$ 構成という基本設計を変えずに、全層あるいは一部の層の光学膜厚を $\lambda/4$ の前後で動かし、最適化を図ることにより改善することができる。

この最適化は市販されている光学薄膜の設計ソフトを使用することによって行うことができる。

#### 【0014】

図13は上述した $\lambda/4$ 構成で設計されたフィルタに対し、各層の光学膜厚が $\lambda/4 \pm 1.3\%$ の範囲に入るような条件下で最適化したフィルタの光学特性を示したものであり、図8に比し、リップルが小さくなり、0.05 dB以下という要求仕様を満たすものとなっていることがわかる。

図 1 4 乃至 1 6 はこの最適化したフィルタの O T M におけるモニター波長：1 5 5 0 nm に対する透過率変化の計算値を図 9 乃至 1 1 と同様に示したものである。光学膜厚が  $\lambda/4$  構成から変化したため、各層の透過率は必ずしも極値で終了しないものとなっている。

#### 【0 0 1 5】

従って、この場合、O T M を用いた成膜制御は極値検出のような相対変化の検出ではなく、絶対透過率を検出する必要があるものとなっている。

なお、上記においては O T M により透過光を検出する場合について説明したが、O T M によって膜からの反射光を検出する場合においても同様のことが言え、つまり光学膜厚が  $\lambda/4$  構成から変化している場合には同様に相対変化の検出ではなく、絶対反射率を検出しなければならないものとなる。

#### 【0 0 1 6】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述したように、 $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚を変化させて最適化を図った場合には、O T M を用いた成膜制御において、絶対透過率や絶対反射率を検出する必要が生じ、透過率や反射率を高精度に検出しなければならないため、例えば高感度検出器や高精度波長分解能をもつ光源が必要となり、よって成膜制御に用いる O T M（光学系）が極めて高価なものとなるという問題がある。

#### 【0 0 1 7】

また、透過率や反射率は例えば成膜中の基板周辺の温度変化などの影響を受けるため、D W D M ・ E D F A 用フィルタの膜厚制御精度として必要とされる 0. 0 1 ～0. 1 % に対応するレベルの絶対透過率もしくは絶対反射率の検出は非常に難しいという問題がある。

この発明の目的は上述した問題に鑑み、 $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚が  $\lambda/4$  の前後で動かされて最適化された場合であっても、光学式膜厚計（O T M）を用いた成膜制御を、透過率もしくは反射率の極値検出によって行うことができ、よって D W D M ・ E D F A 用フィルタ等の成膜難易度の高い光学多層膜フィルタであっても簡易かつ高精度に成膜できるようにした成膜方法を提供することにある、さらにその成膜装置及びそれに用いる光学式膜厚計を提供することにあ

る。

#### 【 0 0 1 8 】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明によれば、 $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚が所要の性能を得るべく、 $\lambda/4$  の前後で動かされて最適化された光学多層膜フィルタを成膜する方法であって、成膜中の膜厚を光学式膜厚計を用いて検出し、その検出出力に基づき成膜装置を制御して光学多層膜フィルタを成膜する方法において、光学式膜厚計の光源を、波長  $\lambda$  nm を含む  $\lambda_1$  nm 乃至  $\lambda_2$  nm の範囲で波長を可変できる波長可変光源とし、光学膜厚の上記最適化を  $\lambda_1/4$  nm 乃至  $\lambda_2/4$  nm の範囲内で行い、波長可変光源の波長を、上記最適化された各層の光学膜厚に対し、その膜厚で透過率が極値をとる波長にそれぞれ選定し、それら各層に対し選定した波長により、透過率の極値を検出して各層の成膜をそれぞれ終了制御するものとする。

#### 【 0 0 1 9 】

請求項 2 の発明によれば、成膜中の膜厚を検出する光学式膜厚計を具備し、その光学式膜厚計の検出出力によって多層膜の各層の成膜が制御される構成とされた成膜装置において、光学式膜厚計の光源が波長可変光源とされ、その波長可変光源の波長を、成膜すべき各層の光学膜厚に対し、その膜厚で透過率が極値をとる波長に設定する手段を有し、光学式膜厚計による透過率の極値検出により、各層の成膜をそれぞれ終了制御する手段を有するものとされる。

#### 【 0 0 2 0 】

請求項 3 の発明によれば、 $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚が所要の性能を得るべく、 $\lambda/4$  の前後で動かされて最適化された光学多層膜フィルタを成膜する方法であって、成膜中の膜厚を光学式膜厚計を用いて検出し、その検出出力に基づき成膜装置を制御して光学多層膜フィルタを成膜する方法において、光学式膜厚計の光源を、波長  $\lambda$  nm を含む  $\lambda_1$  nm 乃至  $\lambda_2$  nm の範囲で波長を可変できる波長可変光源とし、光学膜厚の上記最適化を  $\lambda_1/4$  nm 乃至  $\lambda_2/4$  nm の範囲内で行い、波長可変光源の波長を、上記最適化された各層の光学膜厚に対し、その膜厚で反射率が極値をとる波長にそれぞれ選定し、それら各層に対し選定した波長

により、反射率の極値を検出して各層の成膜をそれぞれ終了制御するものとする。

【0021】

請求項4の発明によれば、成膜中の膜厚を検出する光学式膜厚計を具備し、その光学式膜厚計の検出出力によって多層膜の各層の成膜が制御される構成とされた成膜装置において、光学式膜厚計の光源が波長可変光源とされ、その波長可変光源の波長を、成膜すべき各層の光学膜厚に対し、その膜厚で反射率が極値をとる波長に設定する手段を有し、光学式膜厚計による反射率の極値検出により、各層の成膜をそれぞれ終了制御する手段を有するものとされる。

【0022】

請求項5の発明によれば、光源から出射した光を膜に入射させ、その膜を透過した光もしくはその膜から反射した光を光検出器により検出して、その膜の光学膜厚を得る光学式膜厚計において、光源が波長可変光源とされる。

【0023】

【発明の実施の形態】

この発明の実施の形態を実施例により説明する。

この例では成膜制御に用いる光学式膜厚計（OTM）の光源が従来のように単一波長の光源ではなく、波長可変光源とされる。そして、この波長可変光源は波長 $\lambda$  nmを含む $\lambda_1$  nm乃至 $\lambda_2$  nmの範囲で波長を可変できるものとされる。このような波長可変光源は例えばコヒーレントな光を発するレーザー光源によって構成することができる。

【0024】

各層の光源膜厚が $\lambda/4$ 構成とされたフィルタは、前述したように全層あるいは一部の層の光学膜厚を $\lambda/4$ の前後で動かすことにより、最適化を図ることができる。つまり図13に示したような要求仕様を満たす（所要の性能を有する）フィルタとすることができる。

この例では、この光学膜厚の最適化を波長可変光源の波長可変範囲 $\lambda_1$  nm乃至 $\lambda_2$  nmの $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ を用いて定義される $\lambda_1/4$  nm乃至 $\lambda_2/4$  nmの範囲内で行うものとする。

## 【 0 0 2 5 】

今、 $\lambda = 1550\text{nm}$ とし、 $\lambda_1 = 1480\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 1580\text{nm}$ とすると、図 13 に示した光学特性を有するフィルタ、つまり  $\lambda/4 \pm 1.3\%$  の範囲で各層の光学膜厚が最適化されたフィルタの各層の光学膜厚はこの  $\lambda_1/4\text{nm}$  乃至  $\lambda_2/4\text{nm}$  の範囲内にあり、よって波長可変光源の波長を、各層の光学膜厚に対し、その膜厚で例えば透過率が極値をとる波長にそれぞれ選定することができる。

図 1 乃至 3 は上記のように各層に対し、透過率が極値で終了するような波長を選定して透過率変化の計算値を示したものであり、この図 1 乃至 3 から明らかに、この例によれば透過率の極値検出によって各層の成膜を終了制御することができるものとなる。

## 【 0 0 2 6 】

つまり、この例によれば  $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚を最適化した場合であっても、透過率の極値検出によって、即ち絶対値検出ではなく、透過率の相対変化を検出することによって成膜を制御することができる。

なお、例えば層の成膜終了時に極値をとるような波長が複数ある場合は、透過率が高くなるべく高く、振幅変化が大きい波長を選定する。また、フィルタの反射帯域中のモニター波長は前述の条件を満たすことが難しいため、透過帯域中に存在する波長を選定するようにする。

## 【 0 0 2 7 】

図 4 は上記のような成膜方法に用いて好適な成膜装置の構成をブロック図で示したものであり、図 5 はその要部の構造概略を示したものである。

成膜装置 11 は例えばイオンビームスパッタ成膜装置とされ、図 4 に示したように波長可変光源 12、光検出器 13 及びそれらと接続された PC (パーソナルコンピュータ) 14 とよりなる光学式膜厚計 (OTM) 15 を具備するものとされる。

## 【 0 0 2 8 】

OTM PC 14 は予め設定された情報 (設定値) に基づき、波長可変光源 12 を制御して、波長可変光源 12 の波長を成膜すべき各層の光学膜厚に対し、その膜厚で透過率が極値をとる波長になるように順次設定する。

波長可変光源 1 2 から出射された光は成膜中の膜に入射され、その膜を透過した光が光検出器 1 3 によって検出される。光検出器 1 3 の検出出力は O T M P C 1 4 に入力され、O T M P C 1 4 はその検出出力から透過率を求め、透過率変化が所定の極値を通過すると同時に、終了信号を成膜装置 1 1 の制御 P C 1 6 に出力する。

## 【 0 0 2 9 】

制御 P C 1 6 はこの終了信号の入力により、コントローラ 1 7 に制御信号を出力し、コントローラ 1 7 はイオンガン等を制御して成膜中の膜の成膜を終了させる。なお、図中、1 8 は成膜装置本体を示す。

所要の多層膜が成膜されるサンプル基板 2 1 は図 5 A に示したように、サンプルホルダ 2 2 に複数個セットされる。サンプルホルダ 2 2 には複数の穴 2 3 があり、その穴 2 3 にサンプル基板 2 1 がセットされる。なお、図に示したように、複数の穴 2 3 のうちのひとつにはサンプル基板 2 1 をセットせず、これにより 1 0 0 % 透過光を測定できるものとする。この 1 0 0 % 透過光をサンプル透過光に対する校正に用いることで、より正確に透過率を算出できるものとなる。

## 【 0 0 3 0 】

サンプルホルダ 2 2 は図 5 B に示したように、回転軸 2 4 に保持されて成膜中、回転され、回転するサンプル基板 2 1 に順次モニター光が入射される。

波長可変光源 1 2 から出射されたモニター光は成膜チャンバ 2 5 のビューポート 2 6 を介して成膜チャンバ 2 5 内に入射され、図 5 B に示したように、この例では治具 2 7 に固定された 4 5 ° 反射ミラー 2 8 によりサンプル基板 2 1 に入射される。そして、その透過光が 4 5 ° 反射ミラー 2 8 により反射され、ビューポート 2 6 を介して成膜チャンバ 2 5 の外に配置された光検出器 1 3 に入射される。

## 【 0 0 3 1 】

光検出器 1 3 の出力電圧は例えば図 6 B に示したようになり、O T M P C 1 4 はサンプルホルダ 2 2 に取り付けられている原点センサからの出力をトリガ（図 6 A 参照）として、1 0 0 % 透過光とサンプル透過光とに対する電圧  $V_1$  ,  $V_2$  をそれぞれ検出し、サンプルの透過率を算出する。サンプルの透過率：T（%

) は、

$$T = (V_2 / V_1) \times 100$$

で求められる。

#### 【0032】

なお、上述した実施例ではOTMにより透過光を検出する構成とした場合について説明したが、OTMによって膜からの反射光を検出する構成とした場合も同様であり、即ち $\lambda/4$ 構成とされた各層の光学膜厚を最適化した場合に、反射率の極値検出によって、つまり絶対値検出ではなく、反射率の相対変化を検出することによって成膜を制御することができるものとなる。

#### 【0033】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、この発明では $\lambda/4$ 構成とされた各層の光学膜厚が $\lambda/4$ の前後で動かされて最適化されたものであっても、光学式膜厚計(OTM)を用いた各層の成膜制御が透過率もしくは反射率の極値検出によって行われるため、成膜制御を簡易に行うことができ、かつ透過率や反射率の相対変化を検出すればよいことから、光学式膜厚計の光学系も絶対透過率や絶対反射率を検出する場合のような高精度・高価なものは必要とせず、安価に構成することができる。

#### 【0034】

よって、この発明による成膜方法によれば、DWDM・EDFA用フィルタのような成膜難易度の極めて高い光学多層膜フィルタであっても、高精度かつ簡易に製造することができる。

また、請求項2もしくは4の発明によれば、上記のような成膜方法に用いて好適な成膜装置を得ることができ、さらに請求項5の発明によれば、上記のような成膜制御を可能とする光学式膜厚計を得ることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

請求項1の発明の実施例を説明するための図であって、 $\lambda/4$ 構成とされた各層の光学膜厚を最適化し、かつ各層ごとにモニター波長を選定した場合のOTM透過率計算値を示すグラフ(1~27層)。

【図 2】

図 1 のグラフの続き ( 2 8 ~ 5 4 層 ) 。

【図 3】

図 2 のグラフの続き ( 5 4 ~ 7 8 層 ) 。

【図 4】

請求項 2 の発明の実施例を示すブロック図。

【図 5】

A はサンプルホルダの略平面図、B は請求項 2 の発明による成膜装置の要部を説明するための図。

【図 6】

A はサンプルホルダの回転に同期したトリガ信号を示す図、B は光検出器の検出力 ( O T M 信号 ) を示す図。

【図 7】

1.3 / 1.5  $\mu\text{m}$  WDM フィルタと DWDM ・ E D F A 用 Blue / Red Band フィルタの光学特性を示す図。

【図 8】

各層の光学膜厚が  $\lambda / 4$  構成とされたフィルタの光学特性を示す図。

【図 9】

図 8 のフィルタのモニター波長 1 5 5 0 nm に対する O T M 透過率計算値を示すグラフ ( 1 ~ 2 7 層 ) 。

【図 1 0】

図 9 のグラフの続き ( 2 7 ~ 5 4 層 ) 。

【図 1 1】

図 1 0 のグラフの続き ( 5 4 ~ 7 8 層 ) 。

【図 1 2】

多層膜における反射率 ・ 透過率を示す模式図。

【図 1 3】

$\lambda / 4$  構成とされた各層の光学膜厚を所定の条件で最適化したフィルタの光学特性を示す図。

【図 1 4】

図 1 3 のフィルタのモニター波長 1 5 5 0 nm に対する O T M 透過率計算値を示すグラフ ( 1 ~ 2 7 層 ) 。

【図 1 5】

図 1 4 のグラフの続き ( 2 7 ~ 5 4 層 ) 。

【図 1 6】

図 1 5 のグラフの続き ( 5 4 ~ 7 8 層 ) 。

【書類名】 図面

【図1】

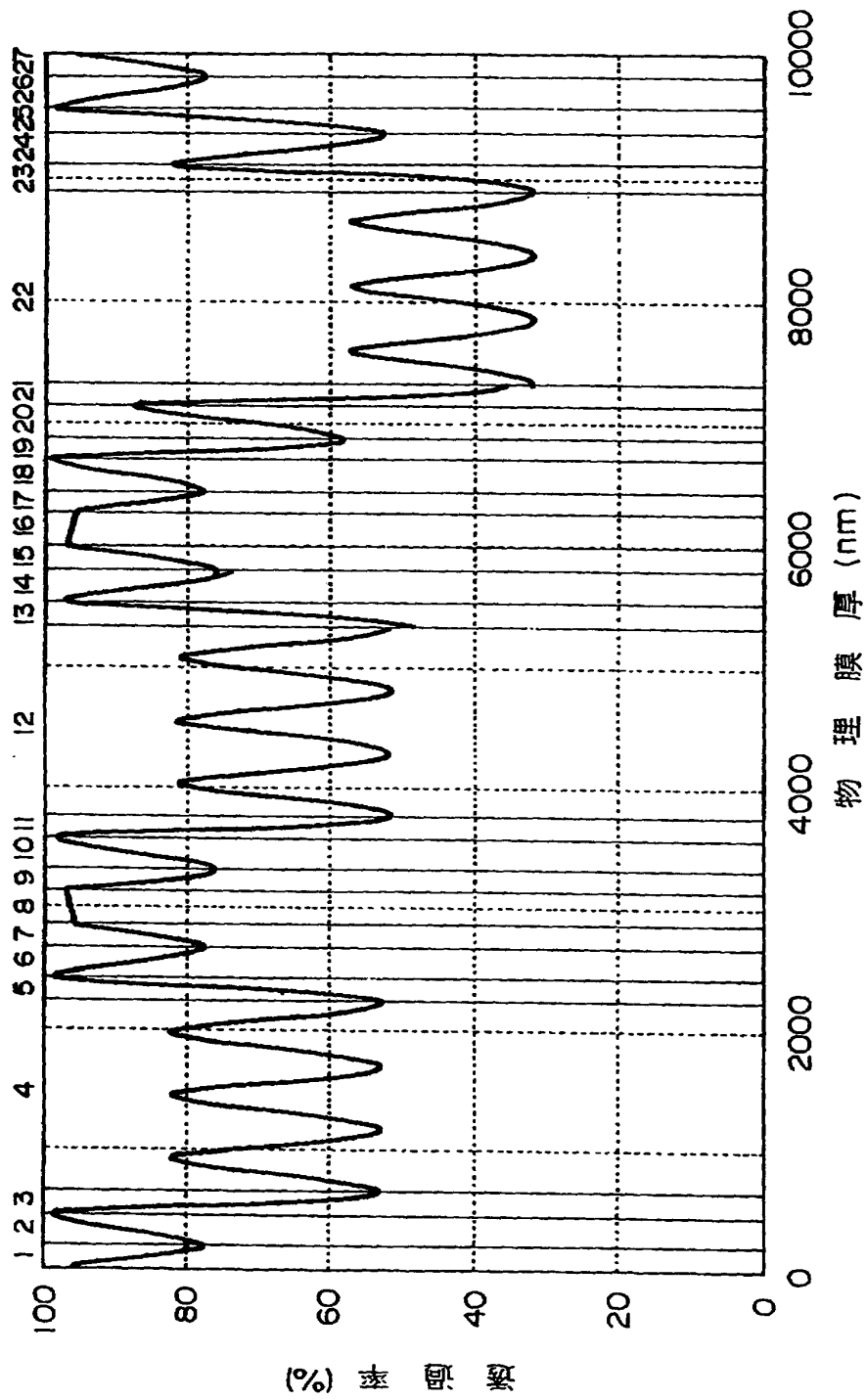


図 1

【图 2】

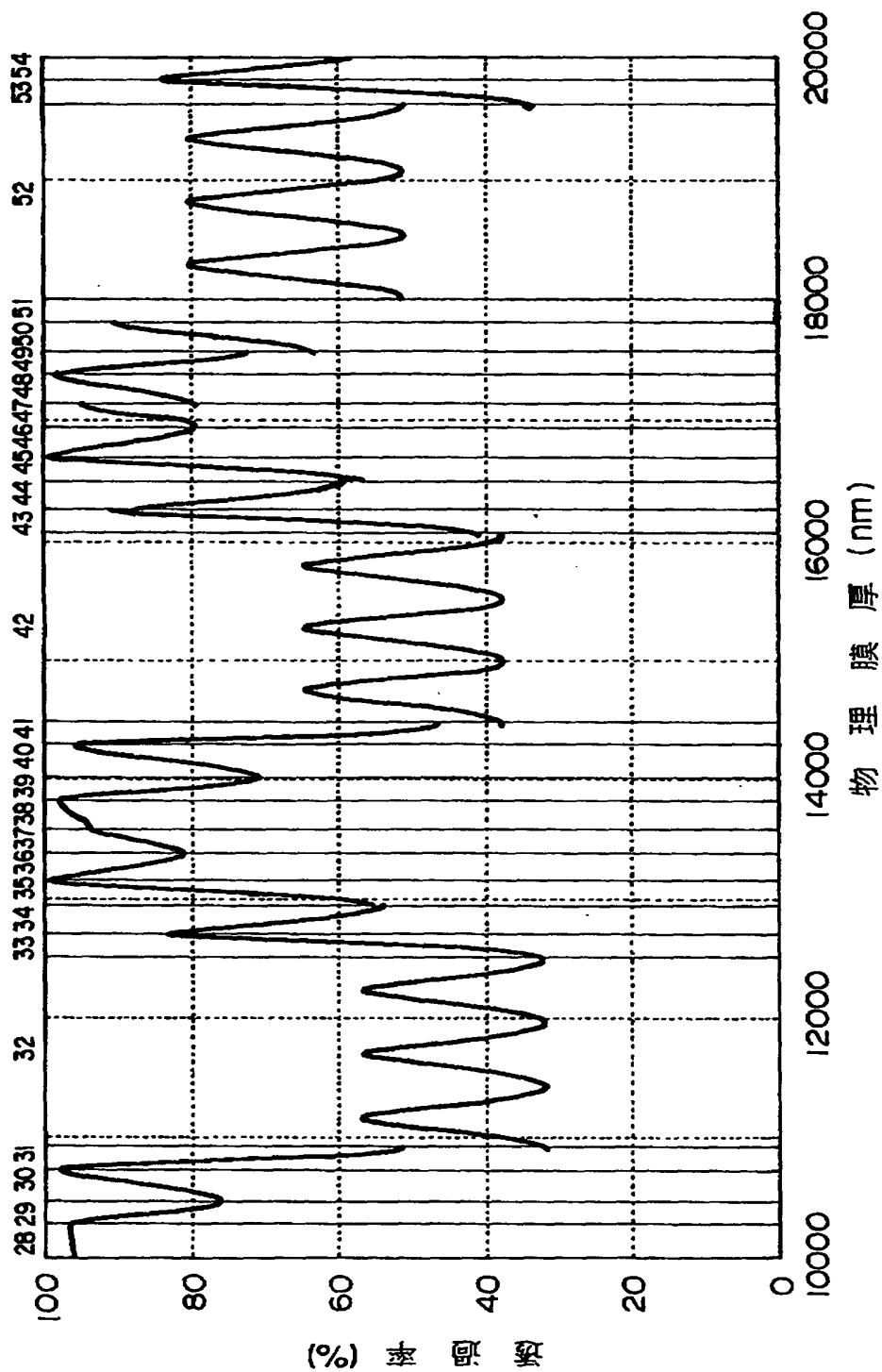


图 2

【図3】

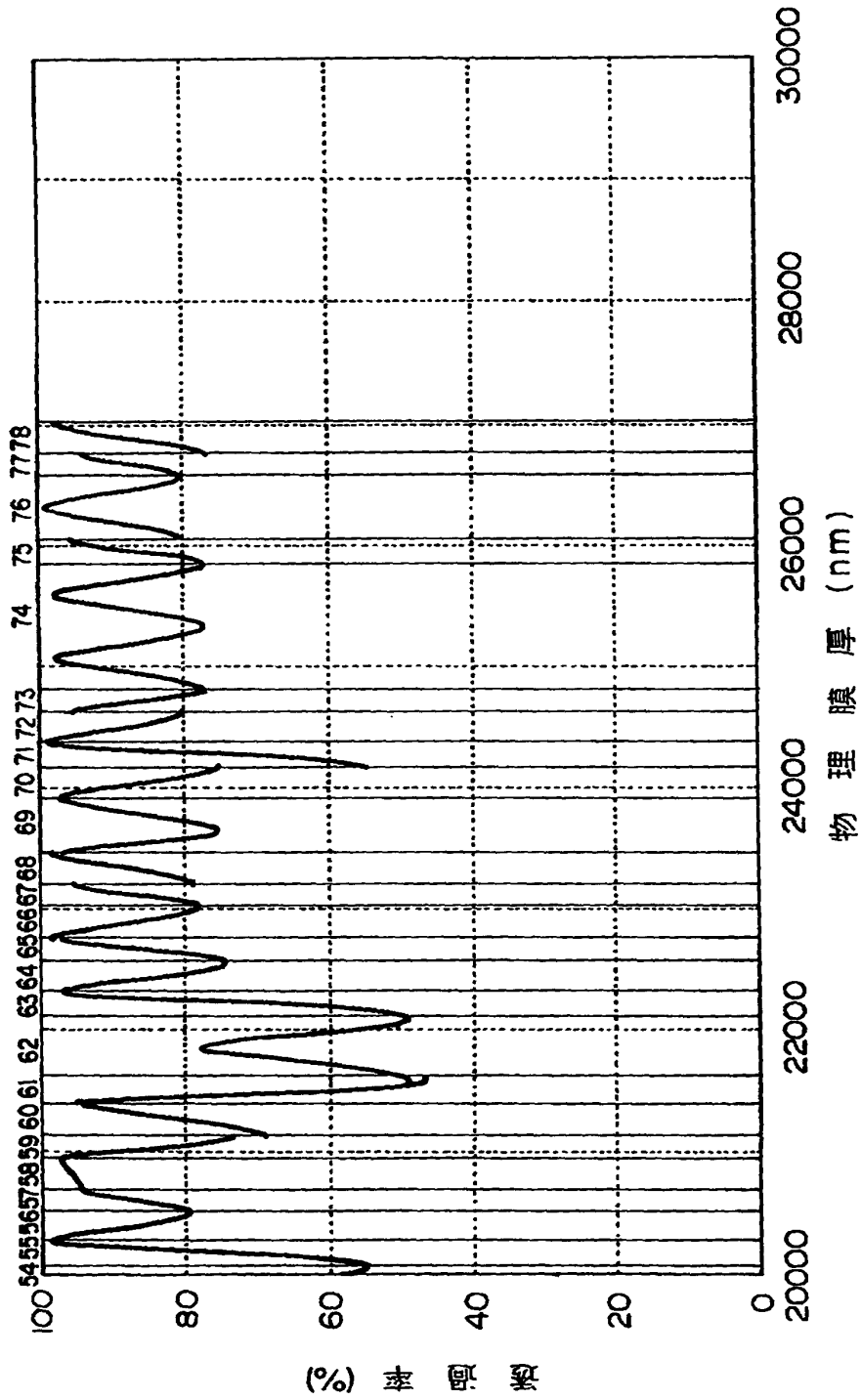


図 3

【図 4】

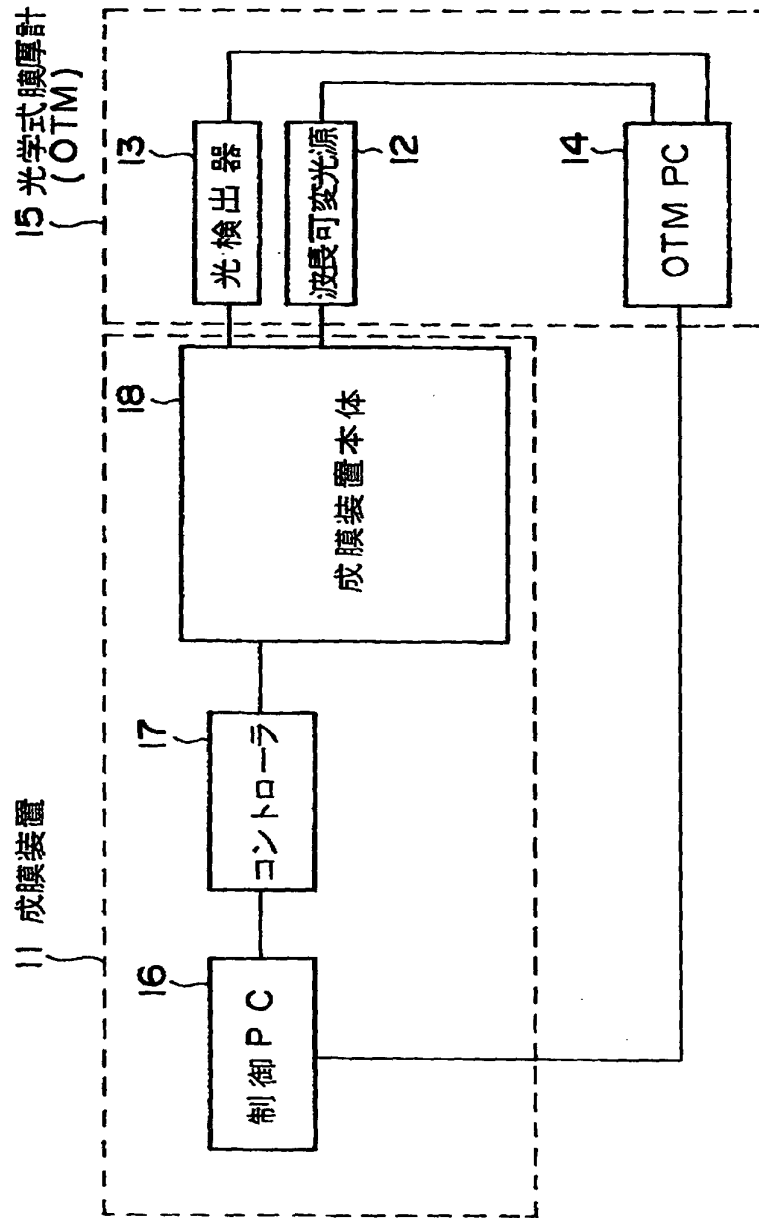


図 4

【図5】

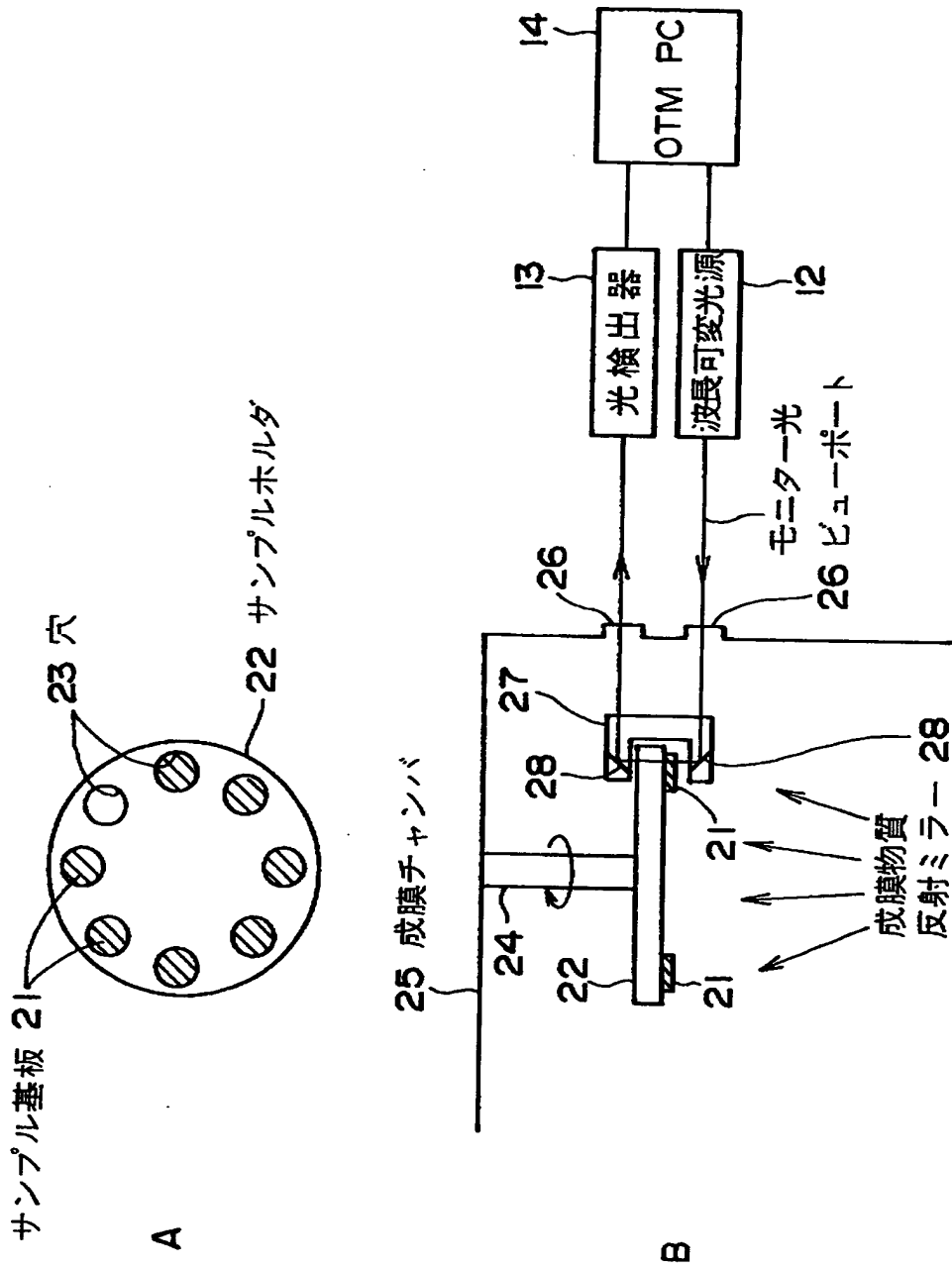


図 5

【図6】

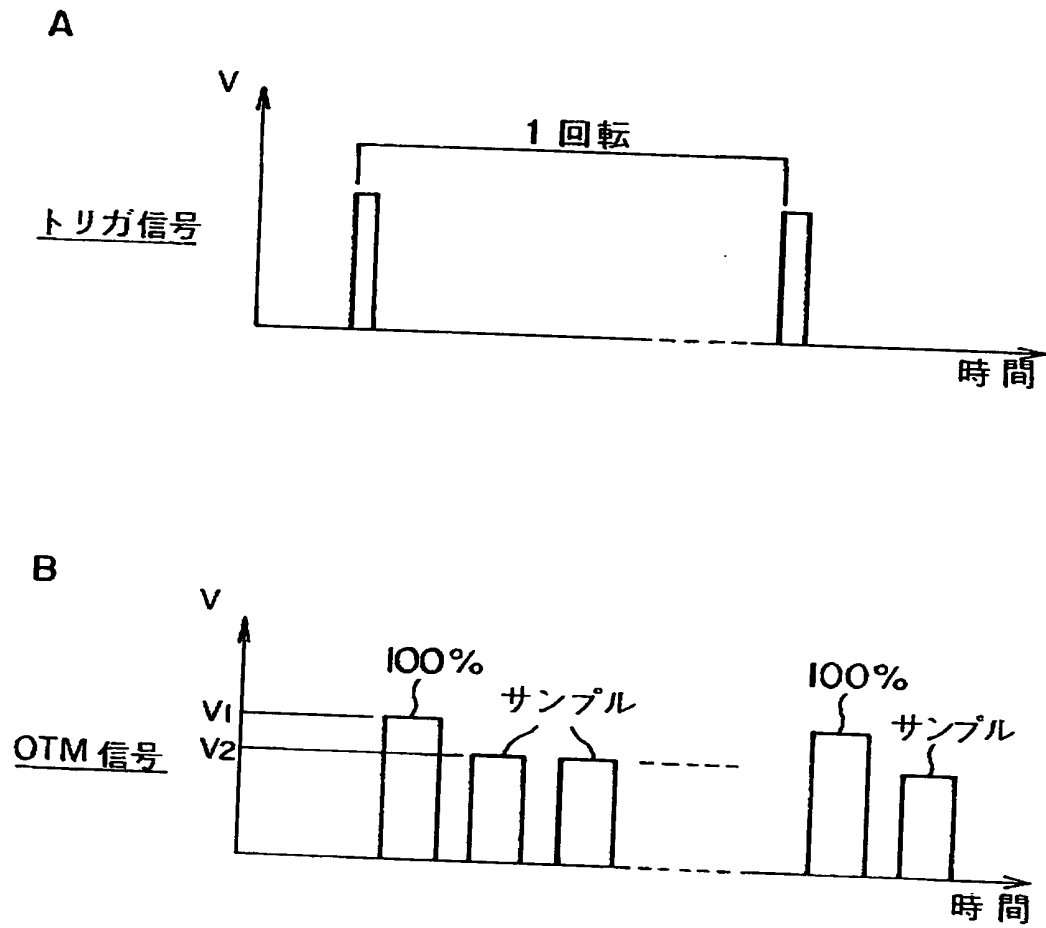


図 6

【図7】

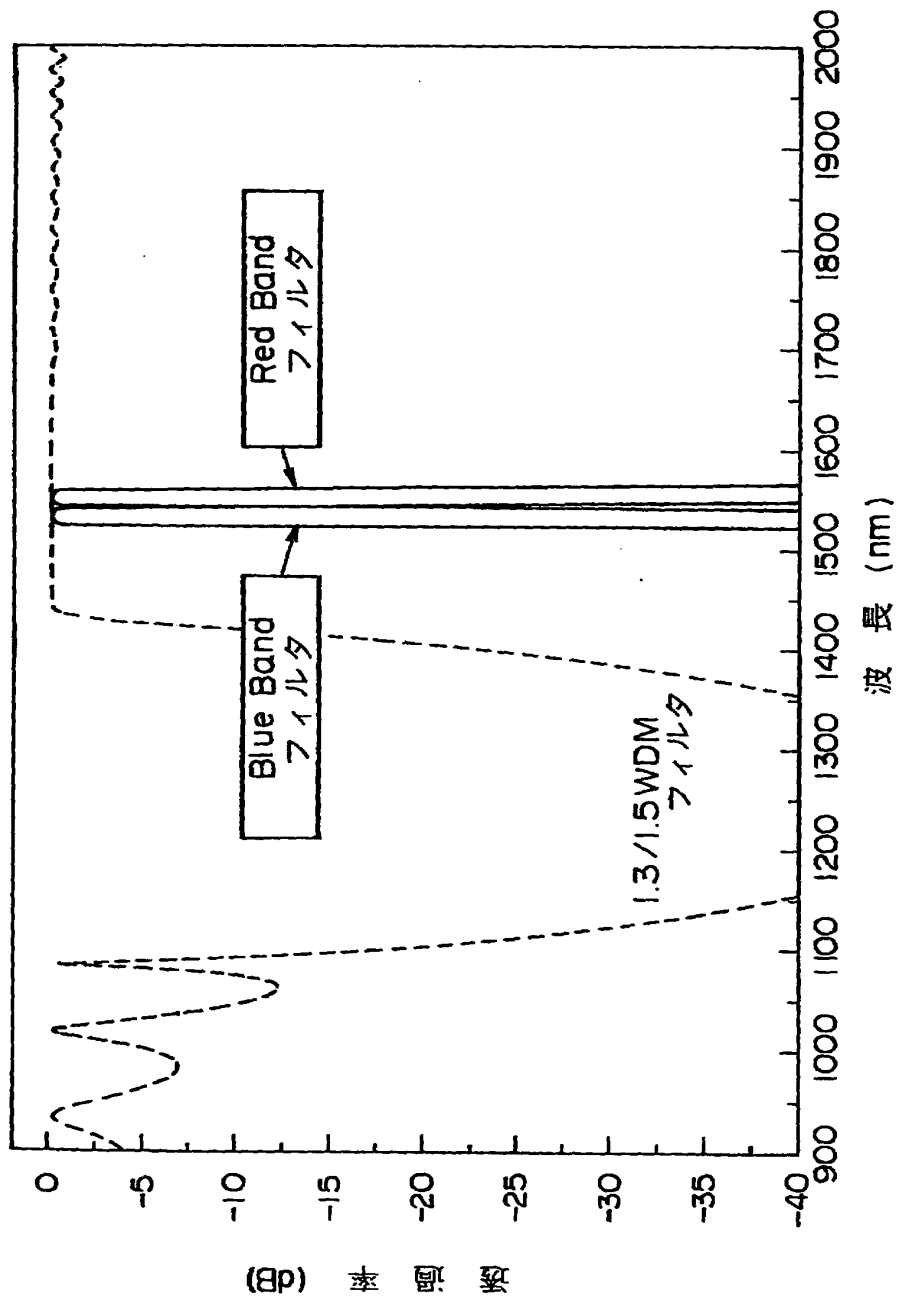


図 7

【図8】

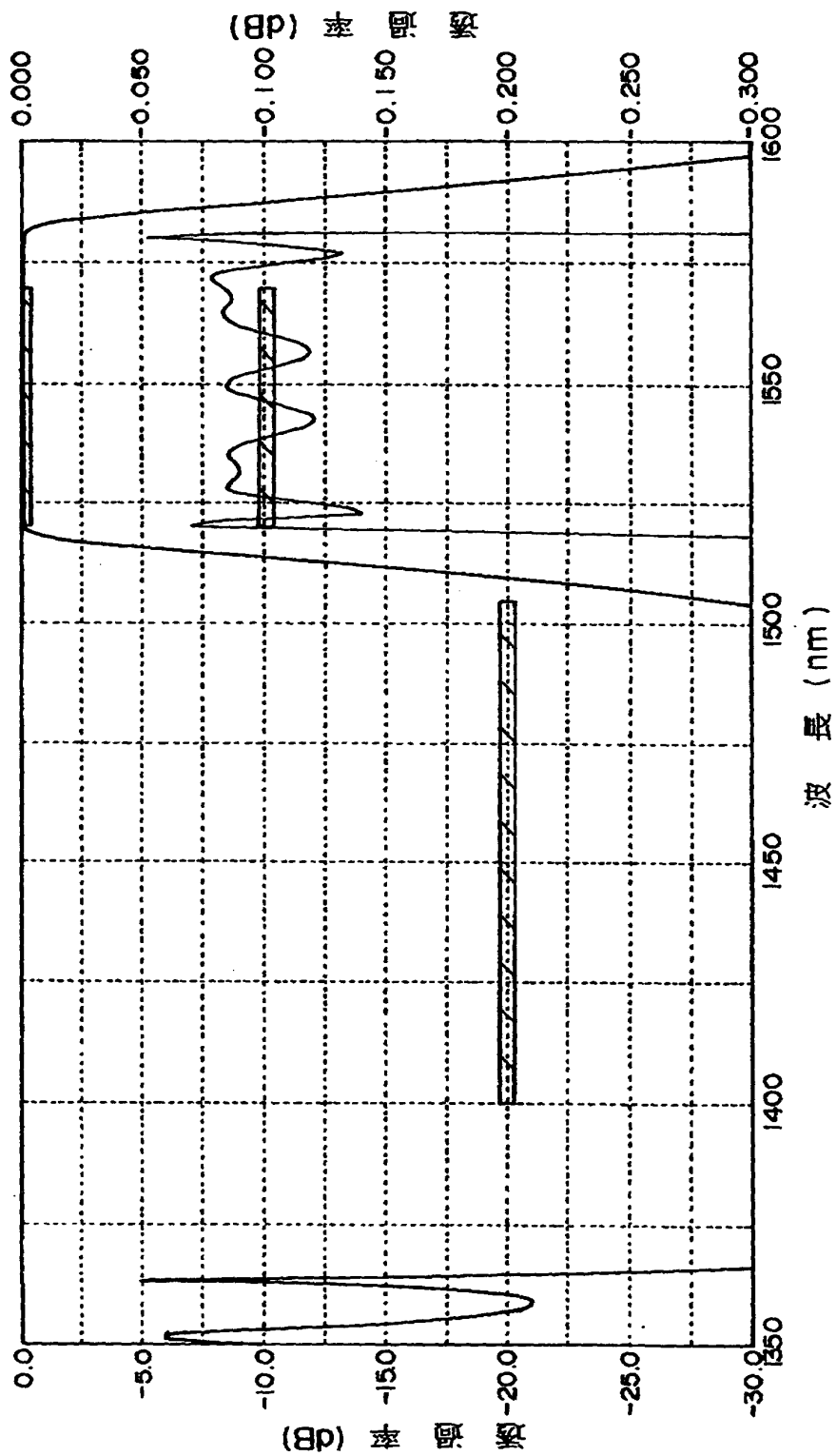


図 8

【図9】

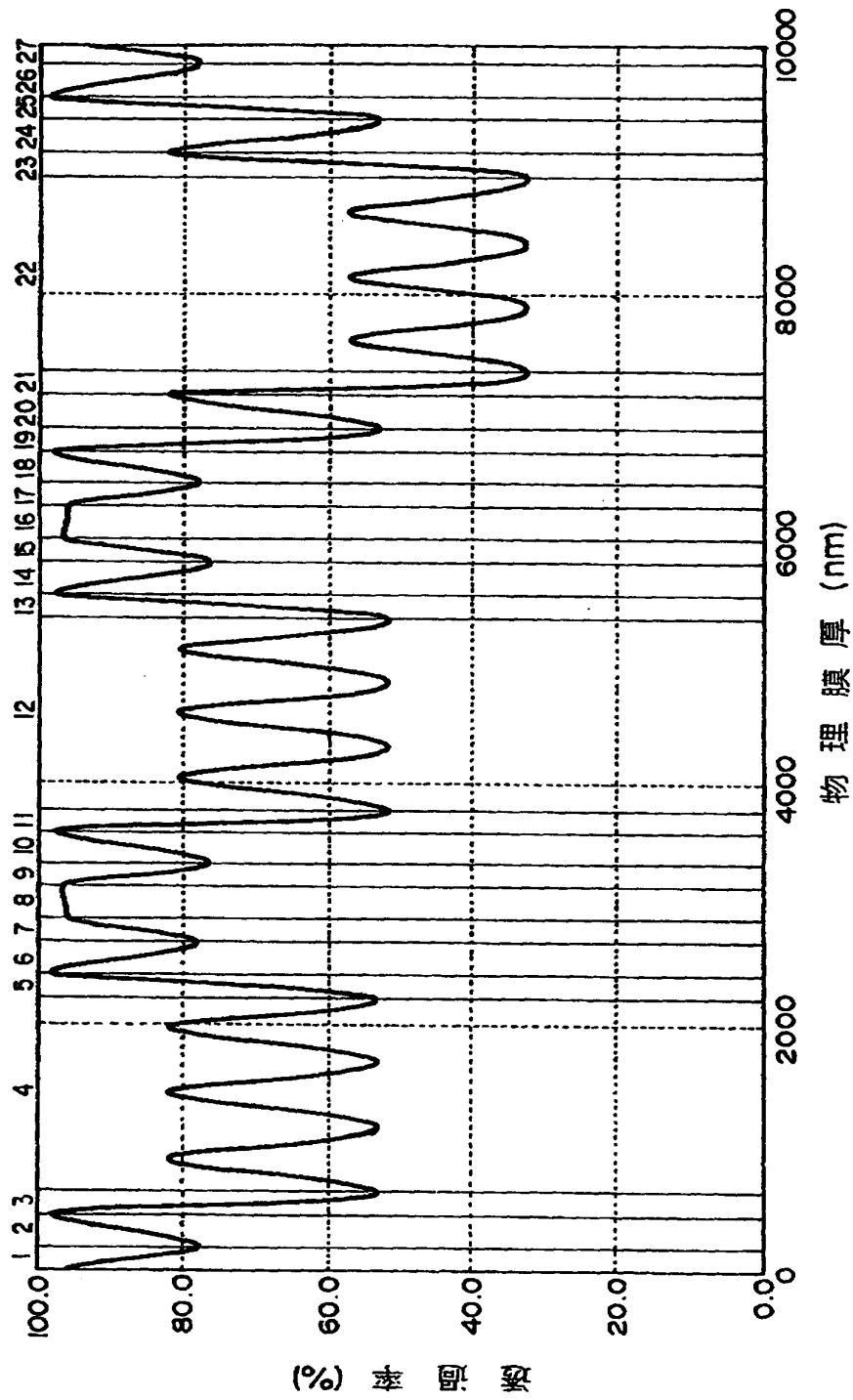


図 9

【図10】

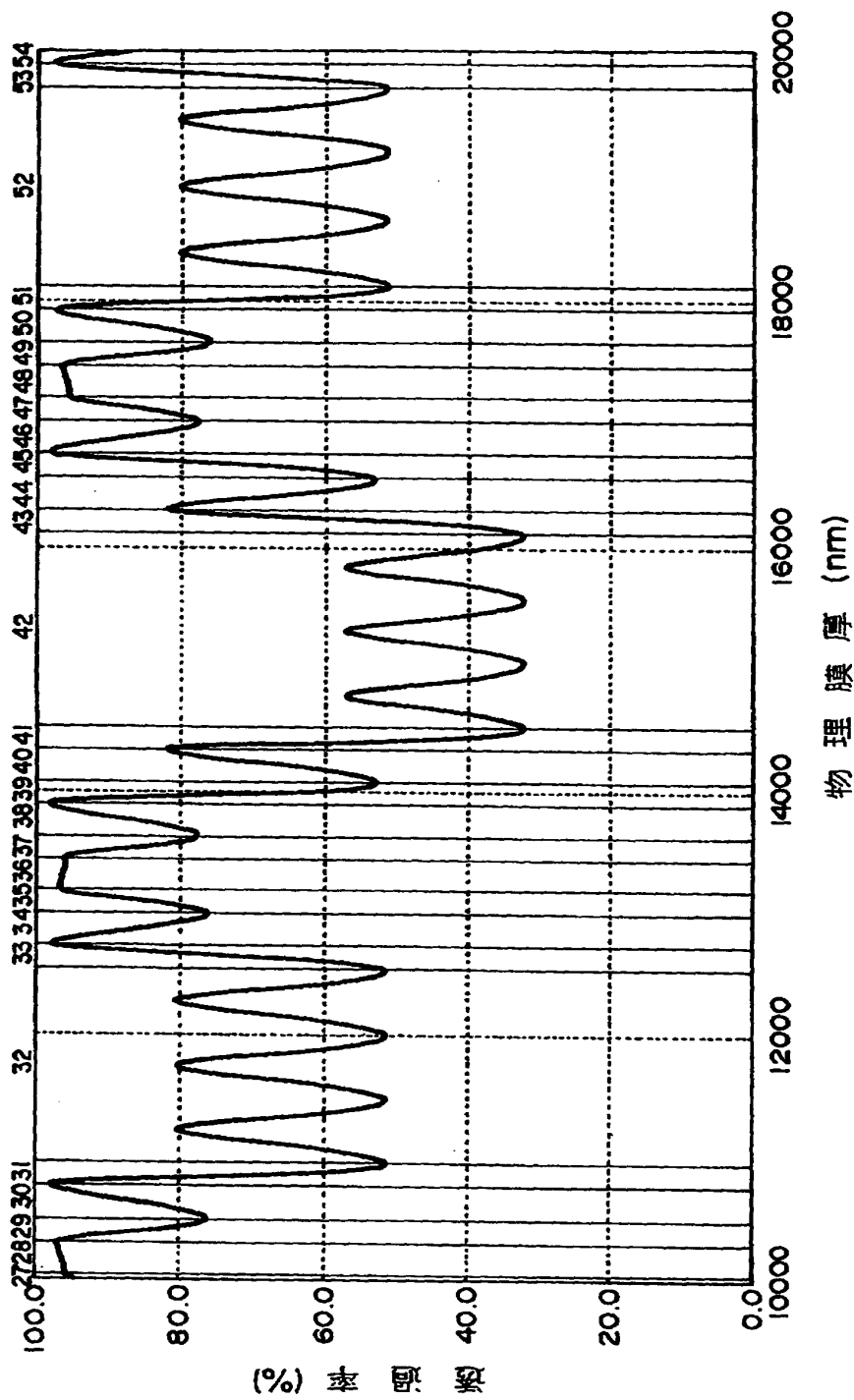


図 10

【図11】

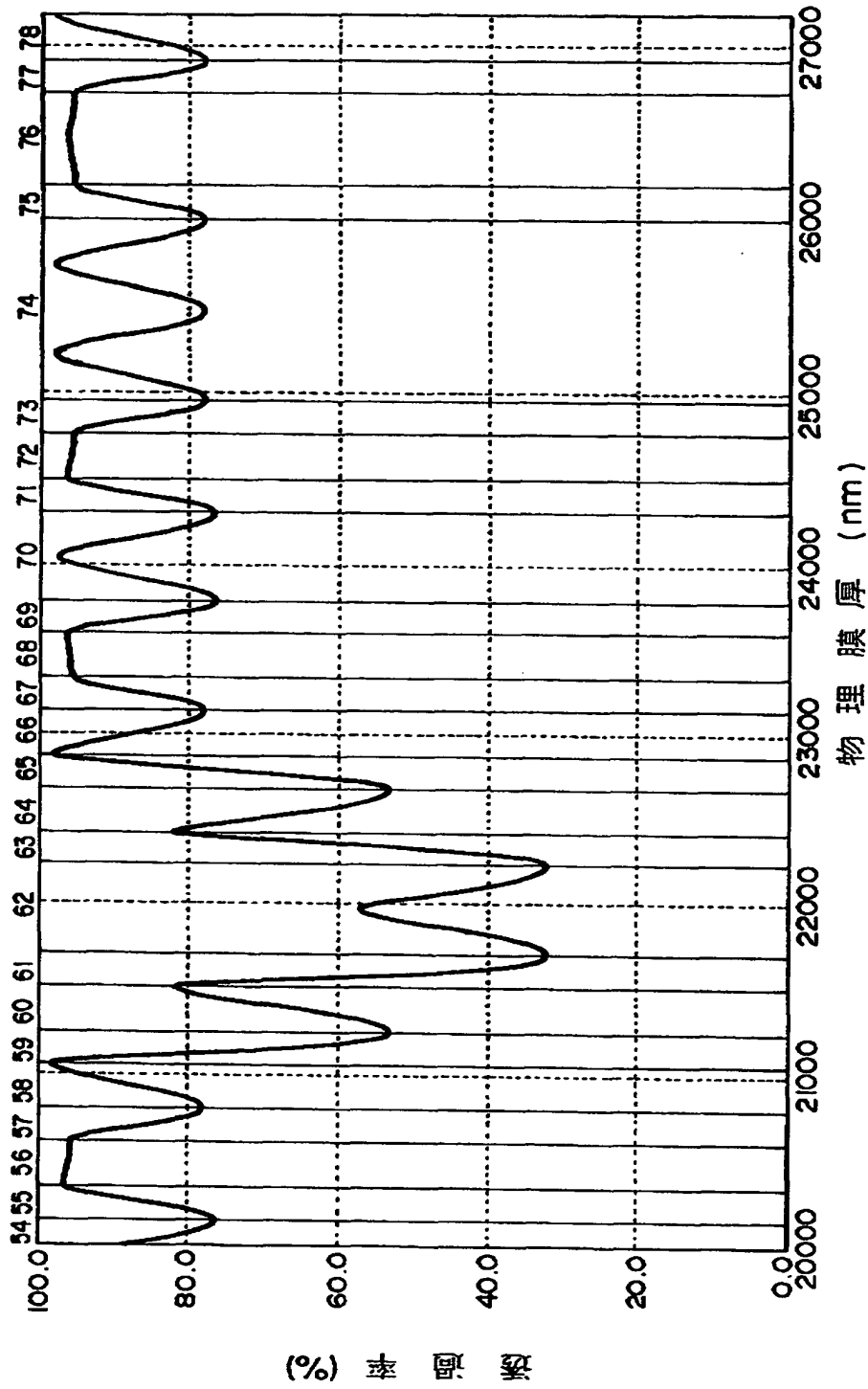


図 11

【図12】

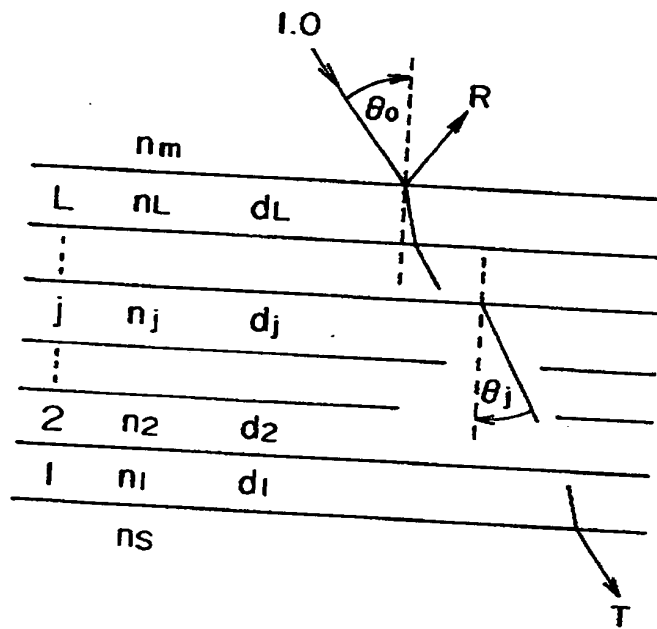


図 12

【図13】

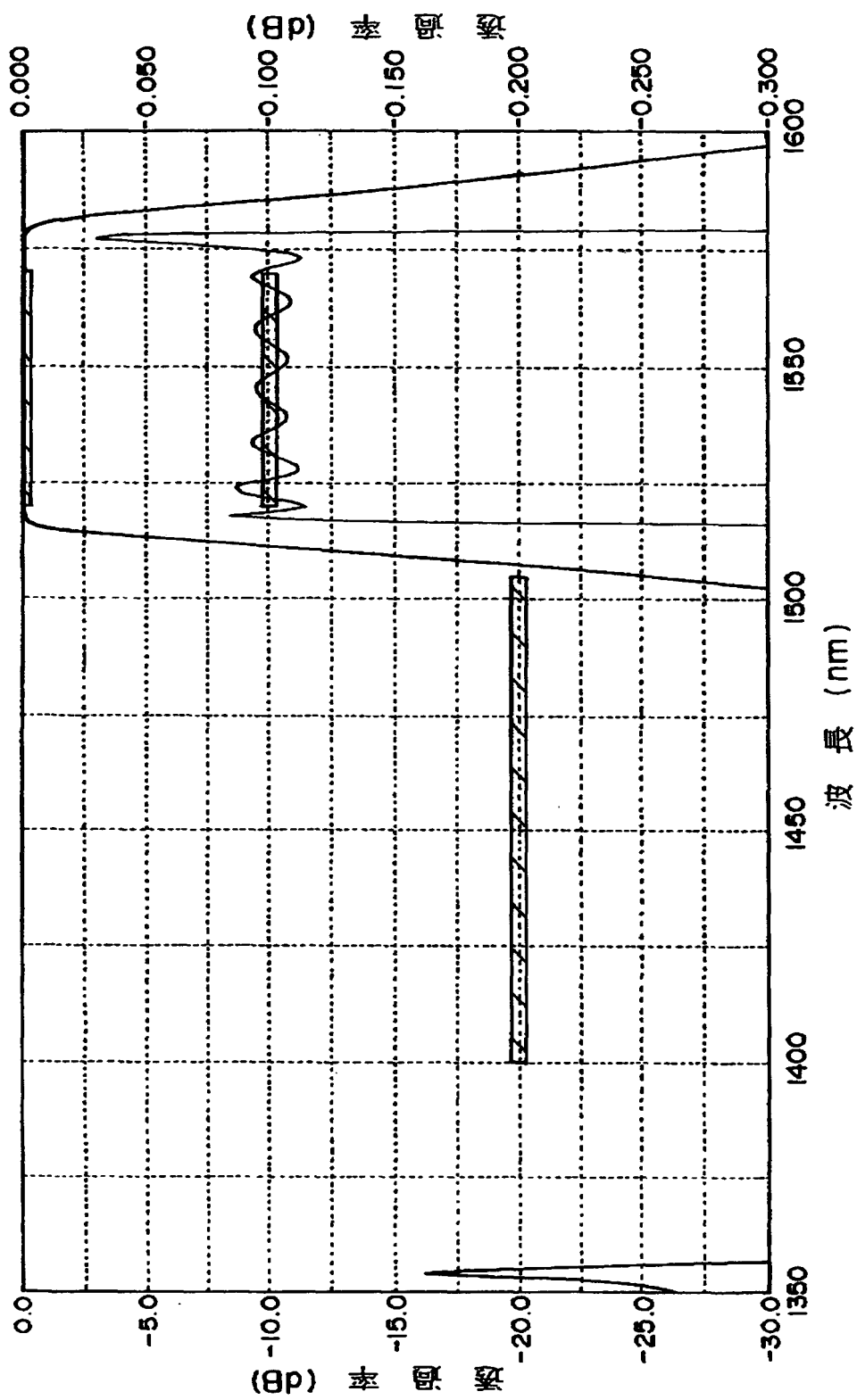


図 13

【図 14】

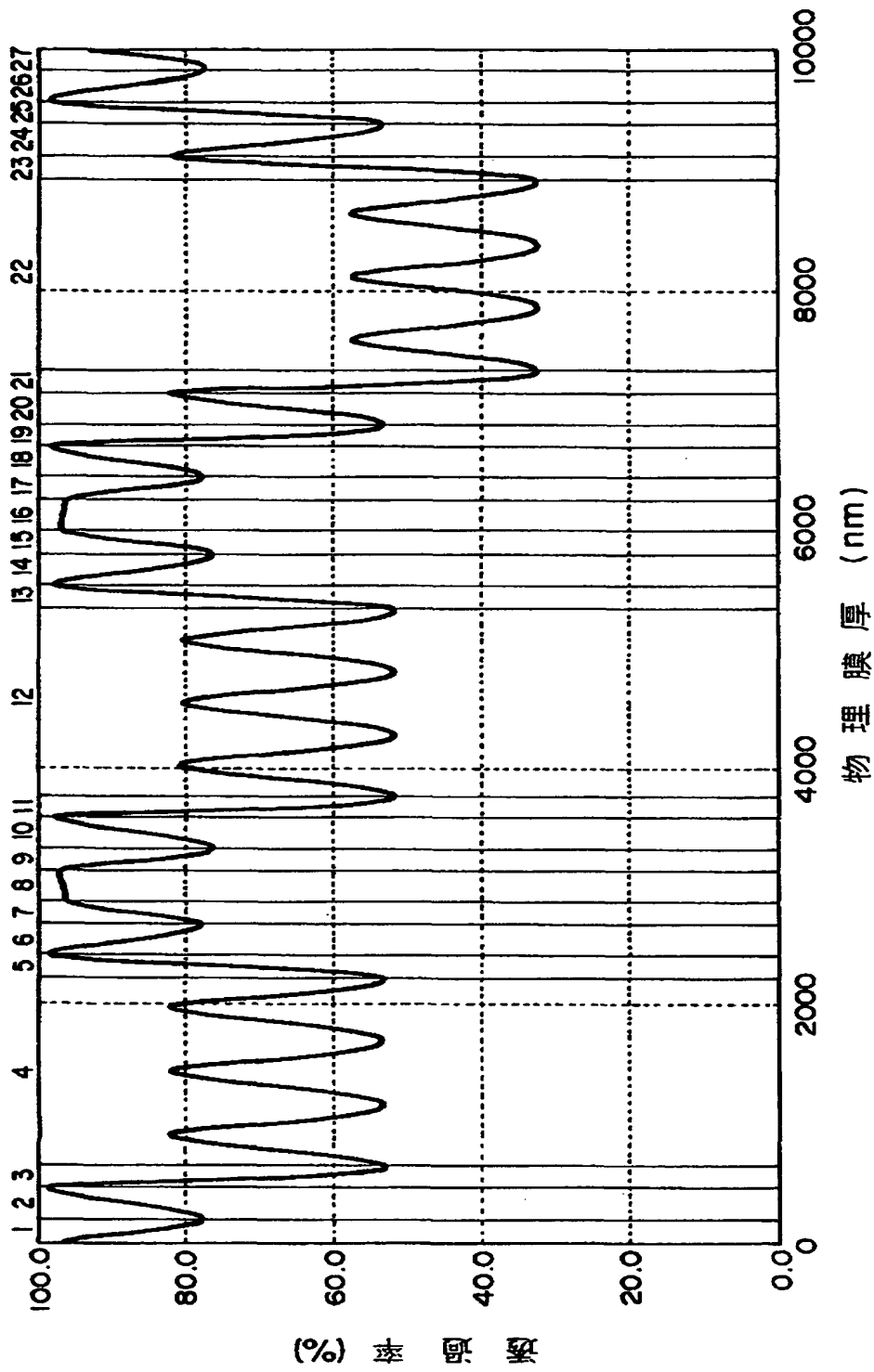


図 14

【図15】

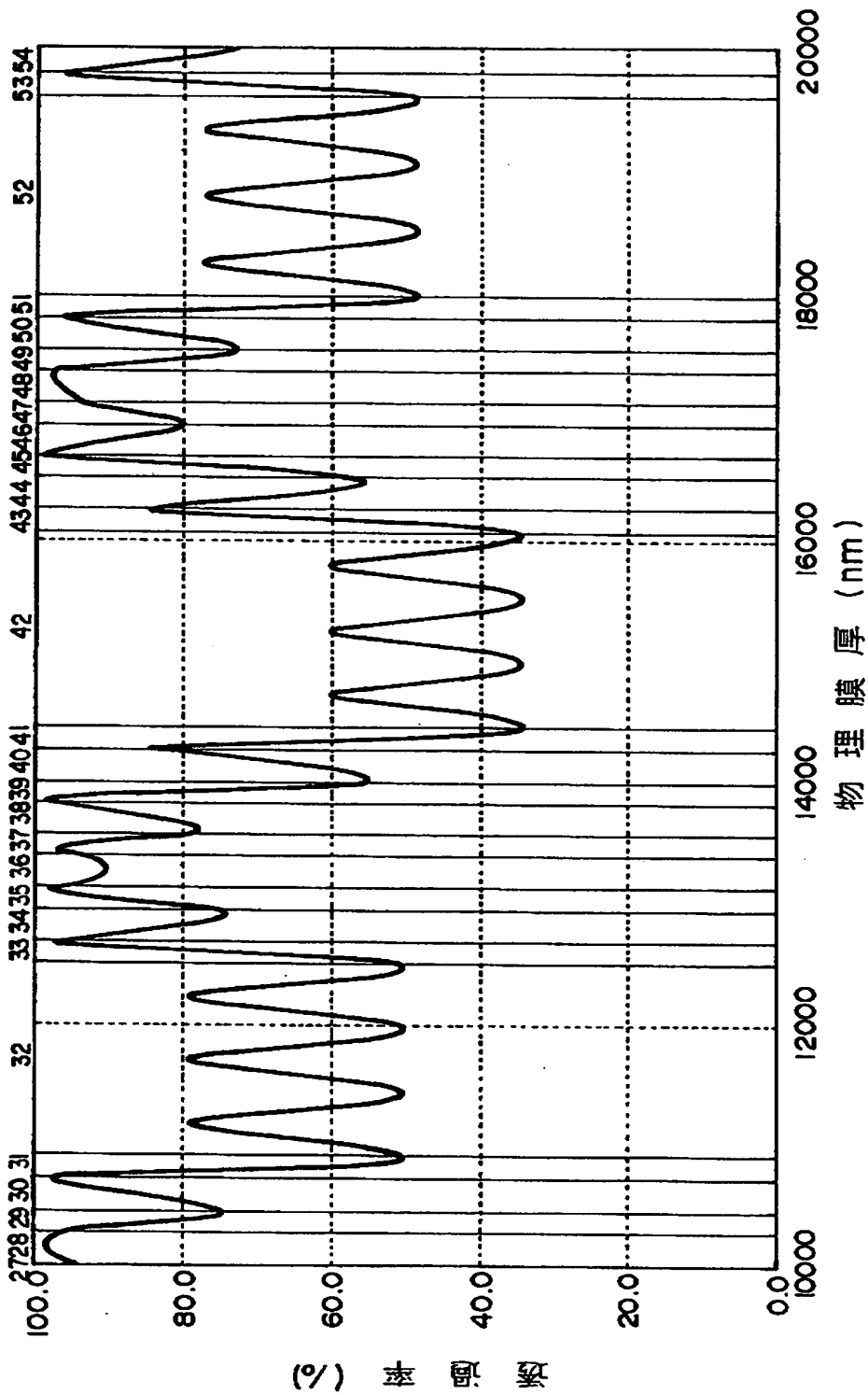


図 15

【図 16】

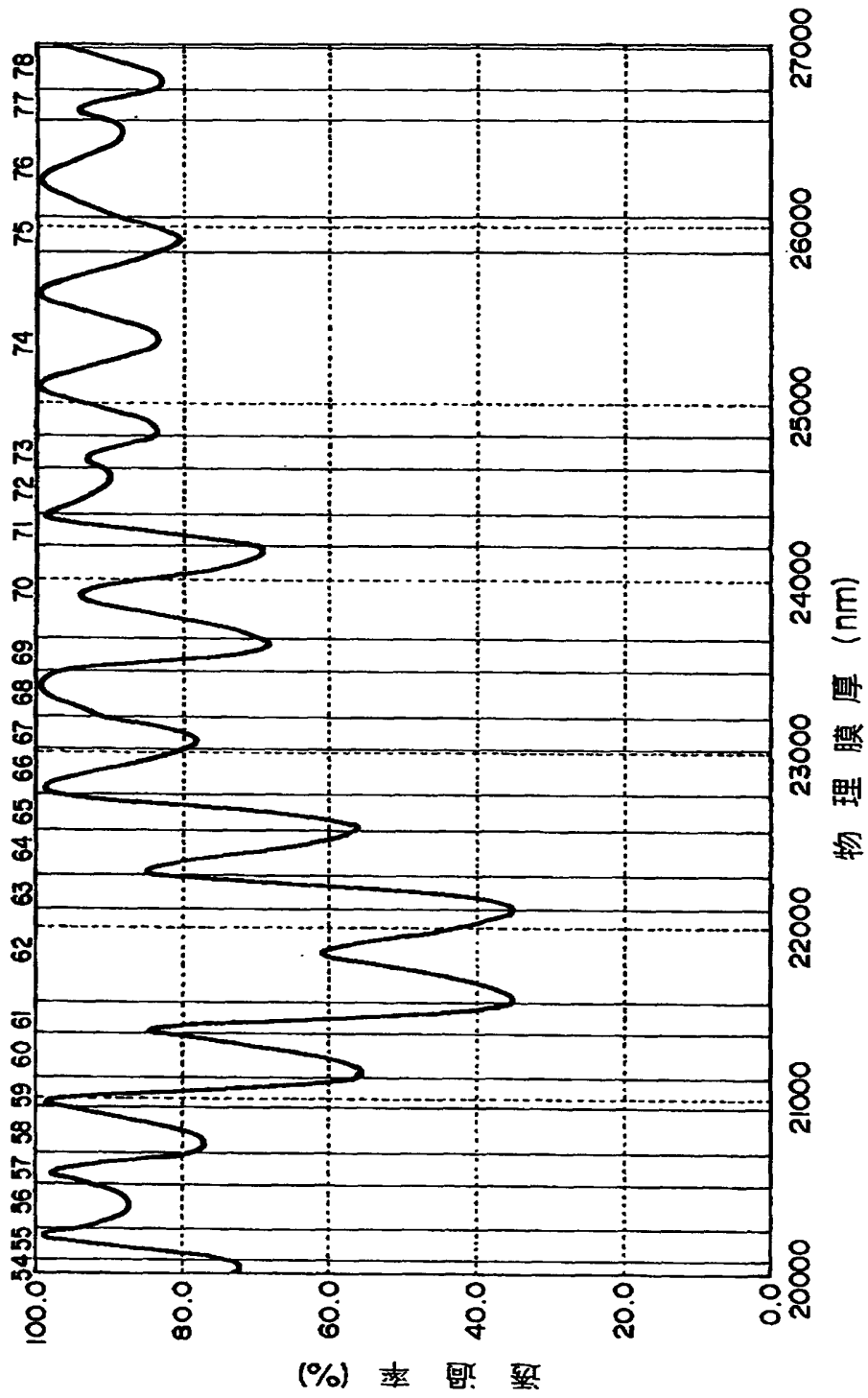


図 16

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 成膜難易度の高い光学多層膜フィルタであっても簡易かつ高精度に成膜できるようにする。

【解決手段】 膜厚を光学式膜厚計（OTM）15を用いて検出し、その検出力に基づき成膜装置11を制御して光学多層膜フィルタを成膜する方法において、OTM15の光源を $\lambda$  nmを含む $\lambda_1$  nm乃至 $\lambda_2$  nmの範囲で波長を可変できる波長可変光源12とし、 $\lambda/4$  構成とされた各層の光学膜厚の最適化を $\lambda_1/4$  nm乃至 $\lambda_2/4$  nmの範囲内で行い、その各層の光学膜厚で透過率が極値をとるように波長可変光源12の波長をそれぞれ選定して、透過率の極値検出により各層の成膜を終了制御する。

【選択図】 図4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000231073]

1. 変更年月日	1995年 7月 5日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号
氏 名	日本航空電子工業株式会社